

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: BERNHARD RALL

Serial No.: Not yet assigned

Filed: JULY 31, 2003

Title: CIRCUIT FOR ADAPTING CHARACTERISTIC WAVE  
IMPEDANCE

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

**Mail Stop NEW APP**

**July 31, 2003**

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450


Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 102 35 158.9 filed in Germany on 01 August 2002 is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,



Gary R. Edwards

Registration No. 31,824

CROWELL & MORING, LLP

Intellectual Property Group

P.O. Box 14300

Washington, DC 20044-4300

Telephone No.: (202) 624-2500

Facsimile No.: (202) 628-8844

GRE:kms



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 35 158.9  
**Anmeldetag:** 01. August 2002  
**Anmelder/Inhaber:** DaimlerChrysler AG,  
Stuttgart/DE  
**Bezeichnung:** Wellenwiderstandsanpassungsschaltung  
**IPC:** H 04 L, G 08 C, B 60 R

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 10. Juli 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'H. Müller', written over the text 'Im Auftrag'.

Agurks

DaimlerChrysler AG

Dr. Nili

26.07.2002

### Wellenwiderstandsanpassungsschaltung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Wellenwiderstandsanpassung an Leitungsenden eines Datenbusses in Verkehrsmitteln.

Zum Stand der Technik der Vernetzung von Rechnern und Rechneranlagen gehören heute schnelle Datenübermittlungssysteme, die über erdsymmetrische, geschirmte Leitungen, meist sternförmig, über geschaltete Vermittlungen bzw. Gateways miteinander verbunden sind. Mittels Kupferleitungen können Datenraten bis 100 MBit/sec realisiert werden. Mittels Kabel aus Glasfaserverbindungen sind sogar noch höhere Datenübertragungsraten möglich.

Bei der Anwendung dieser Techniken auf Datenbussysteme in Verkehrsmitteln muss deren elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) berücksichtigt werden, um die EMV-Vorschriften für Kraftfahrzeuge wie beispielsweise ISO 7637, DIN 40 839 zu erfüllen. Hierzu müssen die Steuereinheiten immun gegen elektromagnetische Beeinflussung von außen sein. Zudem müssen die vom Datenbussystem ausgehenden elektromagnetischen Emissionen gering gehalten werden.

Datenbussysteme bzw. Kabelnetze in Fahrzeugen bestehen aus Verbindungsleitungen. Die Verbindungsleitungen verbinden eine Vielzahl unterschiedlicher Datenendgeräte untereinander. Datenendgeräte sind beispielsweise die verschiedenen im Fahrzeug eingebauten über ein Datenbussystem vernetzten elektri-

schen und elektronischen Systeme wie Zündanlage, elektronisches Einspritzsystem, Antiblockiersystem, Airbag, Autoradio, Autotelefon, Sensoren, Aktoren usw. Die Datenendgeräte verfügen über eine Sende/Empfangseinheit zur Verbindung mit dem Datenbussystem. Die Verbindungsleitungen zu den Datenendgeräten erfüllen dabei je nach Verbindungsart unterschiedliche Funktionen, insbesondere die der Gleichstromversorgung, der Steuerung und des Datenaustausches.

Neben dem hierfür dienenden Versorgungsgleichströmen und Nutzsignalen treten in solchen Kabelnetzen aber auch noch hochfrequente Störsignale auf, die im Fahrzeug verursacht oder von außen eingekoppelt werden. Im Frequenzbereich solcher hochfrequenter Störsignale zeigen die Kabelnetze eine Vielzahl von Resonanzfrequenzen. Bei solchen Resonanzfrequenzen können die Störsignale hohe Spannungs- und Stromwerte erreichen, die zu erheblichen Störungen oder Schäden in empfindlichen und hochohmigen Elektronikbauteilen beispielsweise in CMOS Technologie führen können. Resonanzfrequenzen begünstigen ebenfalls die Abstrahlung von im Fahrzeug entstandenen Störsignaloberwellen.

Zudem sind die Datenendgeräte im allgemeinen nicht an die Gleichtakteigenschaften des Fahrzeugnetzes angepasst, so dass es in allen ihren Zweigen Resonanzen für eingekoppelte Störsignale gibt. Die Unterdrückung dieser Störsignale wird damit zusätzlich erschwert.

Grundsätzlich sind mehrere Faktoren für die Ausbreitung von elektromagnetischen Störungen in Kabelnetzen verantwortlich. Dabei spielen vor allem die Leitungseigenschaften wie Wellenwiderstand der Verbindungsleitungen und die Eigenschaften der Leitungsabschlüsse sowie der Datenleitungsdrössel als Bauelement eine wichtige Rolle.

Aus der DE 196 36 816 C2 ist eine Anordnung zur Verringerung hochfrequenter Störungen in Kabelnetzen für die Strom- und Steuersignalversorgung von Fahrzeugen offenbart, bei der in einzelnen Verbindungsleitungen Ferritdrosseln eingebaut sind, welche für die Hochfrequenz einen gegenüber dem Wellenwiderstand der Leitungen hohen Widerstand bewirken. Durch diese Maßnahme wird ein passiver Wellenwiderstandsabschluss erreicht und der Verbraucher wird vom Leitungsnetz entkoppelt.

Neu sind schnelle Datenübertragungssysteme mit Datenübertragungsraten von mindestens 10 Mbit/sec. Sie erzeugen ebenfalls Gleichtaktspektren, deren Maximalfrequenzen bis zu 1 GHz ansteigen können. Damit wird deren Bekämpfung schwieriger als bisher. Die bis heute eingesetzten Drosseln sind sektorbewickelt, mit einer Streuung von 1 - 2  $\mu\text{H}$ . Das Nutzsignal wird durch die oben genannte Streuinduktivität so stark verformt, dass dieses nicht mehr für die Datenübertragung brauchbar ist.

Aus dem Artikel "Drosseln sichern EMV auf Kfz-Bussystemen" (K. Marth, Siemens Components 5/93, Seite 172-174) sind verschiedene Datenleitungs-drosseln für CAN-Bussysteme bekannt, die eine störungsfreie Funktion des CAN-Bussystemen sicherstellen und die Einfügungsdämpfung im Gleichtakt um 10 dB gegenüber einer Standarddrossel steigern.

Es ist nun die Aufgabe der Erfindung eine Schaltungsanordnung zu finden, welche eine Wellenwiderstandsanpassung an den Kabelenden zur Unterdrückung abgestrahlter und eingekoppelter Gleichtakt-Störspannungen optimiert.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Danach ist das Anpassungswiderstandsnetz-

werk zwischen den Drosseln und dem jeweiligen Leitungsende der Datenbusleitungen angeordnet. Das Anpassungswiderstandsnetzwerk verbindet das Leitungsende der Datenbusleitungen mit der Masse, wobei das Anpassungswiderstandsnetzwerk über einen Kondensator an der Masse angekoppelt ist.

Sende/Empfangseinheiten von Datenendgeräten sind Datenübertragungstreiber auch Transceiver genannt. Diese Einheiten stellen die elektrische Verbindung des Datenendgeräts zum Kabel dar, wobei zur Filterung von Störungen zwischen Sende-/Empfangseinheit Drosseln geschaltet sind.

Insbesondere können mittels dieser Anordnung Gleichtakt-Störsignale unterdrückt werden. Hierzu ist es von Bedeutung, dass das Anpassungswiderstandsnetzwerk direkt zwischen Drosseln und Datenbusleitung, also am Leitungsende platziert wird.

Mit der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist zudem sichergestellt, dass der Wellenwiderstand des Kabels an die vorgegebene Impedanz der Sende-/Empfangseinheit angepasst ist.

Durch den Abschluss der Datenbusleitungen mittels des Anpassungswiderstandsnetzwerkes wird verhindert, dass die offene Datenbusleitung in große Resonanzen versetzt werden kann, womit auch die Reflektion verringert wird.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung hat auch den Vorteil, dass die Spannung am Leitungsende durch die Drosseln vor der Sende-/Empfangseinheit zusätzlich gedämpft wird.

Bevorzugt wird das Anpassungswiderstandsnetzwerk derart ausgeführt, dass die Ausgleichswiderstände über einen gemeinsamen Fußpunkt-Kondensator zur Masse verbunden werden. Damit

kann auf einen zweiten Kondensator, also ein weiteres Bauteil, verzichtet werden.

Idealerweise werden die Werte der Ausgleichswiderstände des Anpassungswiderstandsnetzwerks für die Anpassung des Quellwiderstands der Sende-/Empfangseinheit zum Wellenwiderstand der Datenbusleitungen in Gegentakt-Spannung bestimmt. Damit sind Gleichtakt-Störsignale und Gegentakt-Störsignale gleichzeitig optimal unterdrückt.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die untergeordneten Ansprüche und andererseits auf die nachfolgende Erläuterung einer Ausführungsform zu verweisen. Es sollen auch die vorteilhaften Ausgestaltungen einbezogen sein, die sich aus einer beliebigen Kombination der Unteransprüche ergeben. In der Zeichnung ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung dargestellt. Es zeigen jeweils in schematischer Darstellung,

- Fig. 1 Messschaltung zur Bestimmung der Impedanz des Transceivers 1 und seine Ersatzschaltung 2,
- Fig. 2 Messschaltung zur Bestimmung der symmetrischen Wellenwiderstände 36, 37 der Leitung 3,
- Fig. 3 Messschaltung zur Bestimmung des unsymmetrischen Wellenwiderstandes 39 der Leitung 3,
- Fig. 4 Ersatzschaltbild mit Teilwellenwiderständen 65, 66 für Schaltungsanordnung aus Figuren 2 und 3,
- Fig. 5 Messschaltung zur Bestimmung der Impedanzkomponenten der Drossel 4 bei Gegentaktspannungen und ihre Ersatzschaltung 41,
- Fig. 6 Messschaltung zur Bestimmung der Impedanzkomponenten der Drossel 4 bei Gleichtaktspannungen und ihre Er-

satzschaltung 40,

Fig. 7 erfindungsgemäße Ersatzschaltung bei symmetrischer Wellenübertragung,

Fig. 8 erfindungsgemäße Ersatzschaltung bei unsymmetrischer Wellenübertragung und

Fig. 9 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung zur Wellenwiderstandsanpassung an Leitungsenden eines Datenbusses in Verkehrsmitteln ist in Figur 9 abgebildet. Die Schaltungsanordnung weist einen Datenbus mit mindestens zwei Datenbusleitungen 3 und Datenendgeräte 7 mit jeweils einer Sende-/Empfangseinheit 1 zur Gegentaktsignalübertragung auf dem Datenbus auf. Der Datenbus ist an einer Kopplungsschnittstelle an die Sende-/Empfangseinheit 1 angekoppelt, wobei zwischen der Datenbusleitung 3 und der zugehörigen Sende-/Empfangseinheit 1 jeweils eine Drossel 4, 40, 41 zur Filterung von Störungen auf dem Datenbus geschaltet ist und ein Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 zur Wellenwiderstandsanpassung einer Datenbusleitung vorgesehen ist. Das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 ist zwischen den Drosseln 4, 40, 41 und dem jeweiligen Leitungsende 32, 33 der Datenbusleitungen 3 angeordnet. Zudem verbindet das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 das Leitungsende 32, 33 der Datenbusleitungen 3 mit der Masse, wobei das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 über einen Kondensator 53, 54 an der Masse angekoppelt ist.

Die Datenbusleitungen 3 sind im Ausführungsbeispiel in einem Kabel bzw. Verbindungsleitung 3 geführt. Die Verbindungsleitung 3 ist Teil eines FlexRay-Datenbusses innerhalb eines Fahrzeugs, wobei Datenübertragungsraten von über 10 MBit/sec möglich sind. Die Schaltungsanordnung kann aber auch in Da-



tenbussystemen wie beispielsweise TTP/C oder CAN eingesetzt werden.

Datenendgeräte 7 sind, wie oben bereits ausgeführt, beispielsweise die verschiedenen im Fahrzeug eingebauten über ein Datenbussystem vernetzten elektrischen und elektronischen Systeme wie Zündanlage, elektronisches Einspritzsystem, Antiblockiersystem, Airbag, Autoradio, Autotelefon, Sensoren, Aktoren usw.

Die Sende-/Empfangseinheiten 1 von Datenendgeräten 7 sind Transceiver. Sie stellen die elektrische Verbindung zwischen Datenendgerät 7 und Datenbusleitungen bzw. Verbindungsleitung 3 her. Diese elektrische Verbindung erfolgt im allgemeinen über Steckkontakte.

Die Datenübertragung zwischen den Datenendgeräten 7 erfolgt mittels der Sende-/Empfangseinheiten 1 über die als Zweidrahtleitung ausgebildete Verbindungsleitung 3 im Gegentakt-signal. Bei der gewählten differentiellen Zweidrahtübertragung wird aus der Spannungspegeldifferenz auf den Datenbusleitungen 3 das Nutzsignal bestimmt. Hierzu können die Spannungspegel des Signals symmetrisch oder asymmetrisch um einen bestimmten Spannungswert geführt werden.

Die Verbindungsleitungen 3 des FlexRay-Datenbusses sind als zweiadrig, elektrisch-erdsymmetrischen, also elektrisch abgeschirmten, Kupfer-Leitungsnetzen ausgeführt. Zur differentiellen Zweidrahtübertragung wird bei diesen elektrisch erdsymmetrischen Verbindungsleitungen das Signal elektrisch gesehen spiegelbildlich auf der gegenüberliegenden Leitung geführt.

Die Datenbusleitungen der Verbindungsleitung 3 könnten auch anders ausgeführt sein, beispielsweise als verdrehte Zweidrahtleitung, sogenannte "Twisted Pair-Leitung".

In Figur 9 ist die Kopplungsschnittstelle der Bereich zwischen Leitungsenden 32, 33 und Sende-/Empfangseinheit 1. Damit bezeichnet dieser den Bereich, der Elemente zur Anpassung des Wellenwiderstands und zur Filterung von Störungen aufnimmt. Die Kopplungsschnittstelle kann als eigenes Bauteil ausgeführt oder in die Sende-/Empfangseinheit 1 integriert sein. Letzteres hat den Vorteil, dass nur eine Steckverbindung zwischen Leitungsenden 32, 33 und Sende-/Empfangseinheit 1 notwendig wäre.

In der Kopplungsschnittstelle ist zwischen dem Leitungsende 32, 33 der Verbindungsleitung 3 und der Sende-/Empfangseinheit 1 Gleichtaktdrosseln 4 geschaltet. Die Drosseln 4 sind bifilar bzw. zweidrahtig gewickelt und haben eine 30 bis 60 mal kleinere Streuinduktivität bei Gegentakt-Störimpulsen als die bisher eingesetzten sektorgewickelten Drosseln. Die eingesetzten Drosseln, welche selbst ein Datensignal mit 10 M Bit/sec nicht verformt, kann unter der Bezeichnung C113N von der Firma EPCOS <http://www.epcos.de> bezogen werden. Die Drossel 4 verfügt über je zwei Verbindungspunkte 42 bis 45, also zwei Punkte pro Draht.

Das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 in Figur 9 ist zwischen den Leitungsenden 32, 33 der Verbindungsleitung 3 und den Drosseln 4, 40, 41 angeordnet. Die Datenbusleitungen 3 sind jeweils über elektrische Widerstände 51, 52 mittels eines gemeinsamen Fußpunkt-Kondensators 53 auf Masse geschaltet. Der Wert der Widerstände 51, 52 sowie des Kondensators wird über die üblichen, nachstehend aufgeführten Messverfahren ermittelt.

Für die Unterdrückung von Gleichtakt-Störsignalen ist es von Bedeutung, dass das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 direkt zwischen Drosseln 4, 40, 41 und Datenbusleitung 3, also am Kabelende 32, 33 platziert wird.

Der Wert der Widerstände 51, 52 ist durch die Gegentakt-Schaltungsanordnung in Figur 7 festgelegt. Die Verbindungsleitung 3 mit einer im gewählten Ausführungsbeispiel ermittelten Gleichtakt-Impedanz von etwa  $25\ \Omega$  ist damit statt mit der hohen Drosselimpedanz des Ausführungsbeispiels von maximal  $900\ \Omega$  bei Gleichtakt-Störimpulsen nicht leerlaufend, sondern mit unten folgender Festlegung der Widerstände 51, 52 von je  $110\ \Omega$  mit  $55\ \Omega$  also  $2 \times 110\ \Omega$  parallel hinreichend abgeschlossen. Durch den Abschluss der Verbindungsleitung 3 mit Widerstandsanteil wird verhindert, dass die offene Leitung 3 in große Resonanzen geht, womit auch die Reflektion geringer ist.

Neben der geringeren Wahrscheinlichkeit von Resonanzüberhöhungen in der Leitung 3, wird mittels der Ersatzbild-Schaltungsanordnung in Figur 8 die Spannung am Kabelende 32, 33 durch die Drossel 40 vor dem Transceiver 1 zusätzlich gedämpft. Das ist besonders bei hohen eingestrahltten Gleichtaktspannungen eine nützliche Eigenschaft.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung aus Figur 9 eignet sich idealerweise bei Datenbussystemen mit hohen Datenübertragungsraten bzw. schnellen Transceivern, da eben in diesen Systemen hohe Gleichtakt-Störspannungen auftreten.

Zur Ermittlung der Werte für das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 müssen die Impedanz der Sende-/Empfangseinheit 1, die Wellenwiderstände 36, 37, 39 der Verbindungsleitung 3 und die

Induktivität bzw. Impedanz der Drossel 40 bzw. 41 empirisch für die vorgegebenen durch Messschaltungen ermittelt werden.

#### Bestimmung der Impedanz des Transceivers 1:

In Figur 1 ist ein für die Anpassungsermittlung auf die wesentlichen Elemente reduzierter Transceiver 1 eines Datenendgeräts zur Simulation der Eigenschaften desselben unter Einfluss der störenden Gleichtakt-Spannungen abgebildet. Der Transceiver 1 entspricht damit der Sende/Empfangseinheit 1 zur Kommunikation des Datenendgeräts 7, beispielsweise eines Sensors, über den FlexRay-Datenbus.

Der Transceiver 1 weist die beiden Quellwiderstände 15, 16 mit z.B.  $70\ \Omega$  und die bidirektionalen Stromquellen 17, 18 mit z.B.  $\pm 10\text{ mA}$  auf. Zudem weist die vereinfachte Schaltungsanordnung des Transceivers 1 eine niederohmige Spannungsquelle 19 mit einer Referenzspannung der halben Betriebsspannung von z.B.  $2,5\text{ V}$  auf. Die Anschlüsse 11, 12 stellen die Anschlüsse zum Datenbus dar. In dem FlexRay Datenbussystem sind diese Anschlüsse mit BP (Bus Signal Positiv) und BM (Bus Signal Minus) bezeichnet. Die Kapazitäten 13 und 14 sind nur aus messtechnischen Gründen zu beachten.

Das sich aus der Messanordnung in Figur 1 ergebende Ersatzschaltbild 2 zur Schaltung 1, enthält die Widerständen 25, 26 die mit je  $70\ \Omega$  den Widerständen 15, 16 entsprechen, die Schaltkapazitäten 23, 24 mit je  $6\text{ pF}$  und die Streu-Induktivitäten 27, 28 von je  $16,3\text{ nH}$  welche parasitäre Induktivitäten von Leitungen auf der Leiterplatte beschreiben.

#### Bestimmung der Wellenwiderstände 36, 37, 39 der Leitung 3:

Figur 2 zeigt die Messschaltung zur Gegentakt-Wellenwiderstandsbestimmung. Die Messanordnung in Figur 2 weist eine Wechselspannungseinheit mit einem Symmetrieübertrager 31 auf,

welche ein Durchfahren eines hinreichend großen (100 kHz bis 100 MHz) Frequenzspektrums erlaubt. Der Reflexionsfaktor  $S_{11}$  mit

$$S_{11} = (Z - 50 \, \Omega) / (Z + 50 \, \Omega),$$

wobei  $Z$  die komplexe Eingangsimpedanz des Kabels 3 an den Punkten 32 und 33 darstellt, wird über Abgleich der Widerstände 36, 37 konstant gehalten. 35 und 38 sind die standardmäßig eingesetzten Schirmenden. Aus der Messanordnung in Figur 2, also Messung des symmetrischen Wellenwiderstandes über Gegentakt-Spannungsverteilung an den Punkten 32 und 33, ergibt für den symmetrischen Wellenwiderstand 36 + 37 des zweiadrigen Kabels 3 einen Wert von  $2 \times 43 \, \Omega = 86 \, \Omega$ .

Figur 3 zeigt eine Impedanz-Messschaltung zur Gleichtakt-Wellenwiderstandsbestimmung 39 einer zweiadrig, geschirmten Verbindungsleitung 3. Hierbei wird bei Gleichtakt-Spannung der oben definierte Reflexionsfaktor  $S_{11}$  gemessen, wobei die zweiadrige Leitung 3 parallel geschaltet wird. Die Anordnung in Figur 3 weist hierzu eine frequenzdurchstimbare Spannungsquelle 60 sowie einen Quellwiderstand 61 von  $50 \, \Omega$  auf. 35 und 38 sind die standardmäßig eingesetzten Schirmenden. Es wurde ein Gleichtakt-Wellenwiderstand für die Leitung 3 von  $25,8 \, \Omega$  ermittelt.

Für die Zusammenfassung der Schaltungen aus Figuren 2 und 3 ergibt sich das Dreieckersatzschaltbild aus Figur 4, welches das Wellenwiderstandsverhalten des Kabels 3 an den Kabelenden 32 und 33 vollständig beschreibt. Die ermittelten Teilwellenwiderstandswerte sind für den Widerstände 66 gleich  $51,6 \, \Omega$  und für den Widerstand 65 gleich  $516 \, \Omega$ . Mit dem Ersatzschaltbild aus Figur 4 und den entsprechenden empirisch ermittelten Widerstandswerten 65, 66, kann man die weiteren

Kabeleigenschaften wie Induktivitätsbelag und Kapazitätsbelag bestimmen.

Bestimmung der Impedanzkomponenten der Drossel 4:

In Figur 5 ist eine Messschaltung zur Bestimmung der Streuinduktivität der Drossel 4 bei Gegentaktspannungen abgebildet, wobei die Drossel so geschaltet wird, dass 42 den Eingangspunkt und 43 den Ausgangspunkt darstellt. Als Streuinduktivität der Drossel 4 ergibt sich im Ersatzschaltbild 41 ein Wert von 36 nH.

In Figur 6 ist eine Messschaltung zur Bestimmung der Gleichtaktimpedanz der Drossel 4 abgebildet. Die Drossel 4 ist stromkompensiert geschaltet, indem die zweiadrige Leitung magnetisch im Gegensinn verbunden wird. Damit bilden die Punkte 42, 43 den Eingang der Drossel 4 und die Punkte 44, 45 den Ausgang der Drossel 4. Im Ersatzschaltbild 40 der Drossel 4 ergibt sich ein Widerstand von  $900 \Omega$ , eine Induktivität von  $4,5 \mu\text{H}$  und eine Kapazität von  $0,56 \text{ pF}$ .

Die erfindungsgemäße Ersatzschaltung ist in Figuren 7 und 8 abgebildet, wobei die Figur 7 die Anordnung für symmetrische und die Figur 8 die Anordnung für unsymmetrische Signalübertragung darstellt. Die erfindungsgemäße Ersatzschaltung weist einen Transceiver 1 auf, der über die Drossel 40 bzw. 41 mit der Leitung 3 verbunden ist. Die Drossel 40 bzw. 41 wird zwischen die Kabelleiteranschlüsse 11 und 32 bzw. 12 und 33 angeordnet.

Das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 in den Ersatzschaltungen der Figuren 7 und 8 ist zwischen Drossel 40 bzw. 41 und Leitung 3 geschaltet. Mittels des Anpassungswiderstandsnetzwerkes 5 erfolgt die Anpassung des Wellenwiderstands der Leitung 3 an die Impedanz des Transceivers 1, wobei für die Wider-

stände 15, 16, 36, 37, 39 die oben empirisch bestimmten Werte gelten.

In Figur 7 wurde als Modellimpulsquellen für Signalstörungen zwei im Gegentakt arbeitende Wechselspannungsquellen 60 eingesetzt. Für das Gegentaktimpulssignal ist für die Drossel 4 nur die empirisch bestimmte kleine Streuinduktivität von 36 nH von Bedeutung. Damit wird das Ersatzschaltbild 41 der Drossel 4 in der Schaltungsanordnung der Figur 7 auf zwei Induktivitäten von je 18 nH verteilt.

Die Widerstände 51, 52 im Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 der Figur 7 ergeben sich zu je  $110\ \Omega$ , um im Transceiver 1 die  $2 \times 70\ \Omega$  in den Widerständen 15, 16 zum oben bestimmten Wellenwiderstand der Leitung 3 von  $86\ \Omega$  auszugleichen. Die Kapazitäten 53 und 54 sind unkritisch aber notwendig, da die Leitungen im Mittel auf 2,5 V liegen. Wie in Figuren 8 und 9 gezeigt, ist es einfacher und kostensparender nur einen Kondensator 53 einzusetzen.

Die Impedanz des Transceivers 1 mit je  $70\ \Omega$  an den Widerständen 15, 16 bzw. 25, 26 ist für den Ausgleich des Wellenwiderstands der Leitung 3 zu hoch. Da die Impedanz des Transceivers 1 bzw. des Datenendgeräts 7 an der Verbindungsleitung 3 ebenso wie der Kabelwiderstand der Verbindungsleitung 3 vorgegeben ist, kann nur mittels des Anpassungswiderstandsnetzwerkes 5 die Anpassung unterschiedlicher Widerstandswerte der Leitung 3 und des Transceivers 1 erfolgen.

Bei Gegentakt-Störsignalen bzw. symmetrischer Datenübertragung wie in der Ersatzbild-Schaltungsanordnung von Figur 7 könnte das Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 auch zwischen Transceiver 1 und Drossel 41 angeordnet sein.

In der Figur 8 ist das Ersatz-Schaltbild für das Gleichtakt-Störimpulsmodellsignal abgebildet. Die Spannungsquelle 60 liefert den Gleichtakt-Störimpuls. Die beiden Widerstände 36 und 37 in der parallelgeschalteten Leitung 3 entsprechen ungefähr dem Wert der mittels der Anordnung in Figur 3 ermittelten Wellenwiderstandes 39 der Leitung 3 von  $25 \Omega$ .

Bei der Anpassung der Impedanz des Transceivers 1 auf den oben bestimmten Wellenwiderstand der Leitung 3 muss beachtet werden, dass die Impedanz des Transceivers 1 mit  $2 \times 70 \Omega$  zu groß ist für die mittels Gleichtakt-Wellenwiderstandsmessung ermittelte Impedanz der Leitung 3 von  $25,8 \Omega$ .

Eine einfache Analyse soll nun den Vorteil der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit den Modellwerten unterlegen: Signalveränderungen in der Ersatzbild-Schaltungsanordnung nach Figur 7 induziert durch die Streuinduktivität von  $36 \text{ nH}$  der Drossel 41 in einem Kreis mit Widerständen von  $2 \times 86 \Omega = 172 \Omega$ , ergibt eine Grenzfrequenz  $f$  von  $716 \text{ MHz}$  mit  $\tau = L/R$  und  $f = 1/2\pi\tau$ . Bei Datenübertragungsraten im Bereich von  $10 \text{ MBit/sec}$ , die einer Daten-Impulsdauer von  $100 \text{ ns}$  entspricht, ist diese Störung unerheblich.

Eine Signalveränderung durch Gleichtakt-Störimpulse in der Ersatzbild-Schaltungsanordnung nach Figur 8 erfährt am Abschluss der Leitung 3 mit Anpassungswiderstandsnetzwerk 5 eine Dämpfung von  $(55 / 25,8 + 55) = -3,34 \text{ dB}$ . Zusätzlich erfährt das Gleichtakt-Störsignal eine Dämpfung durch die Drossel 40 am Transceiver 1 von  $(35 / 900 + 35) = -28,5 \text{ dB}$ , wobei die Parallelschaltung der Widerstände 15, 16 mit je  $70 \Omega$  zu  $35 \Omega$  und die Drosselimpedanz von  $900 \Omega$  eingeht. Damit erfolgt eine Gesamtdämpfung von  $-31,84 \text{ dB}$ .



DaimlerChrysler AG

Dr. Nili

26.07.2002

### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Wellenwiderstandsanpassung an Leitungsenden (32, 33) eines Datenbusses in Verkehrsmitteln, wobei die Schaltungsanordnung
  - einen Datenbus mit mindestens zwei Datenbusleitungen (3) und Datenendgeräte mit jeweils einer Sende-/Empfangseinheit (1) zur Gegentaktsignalübertragung auf dem Datenbus aufweist und
  - der Datenbus an einer Kopplungsschnittstelle an die Sende-/Empfangseinheit (1) angekoppelt ist, wobei
  - zwischen der Datenbusleitung (3) und der zugehörigen Sende-/Empfangseinheit (1) jeweils eine Drossel (4, 40, 41) zur Filterung von Störungen auf dem Datenbus geschaltet ist und
  - ein Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) zur Wellenwiderstandsanpassung einer Datenbusleitung vorgesehen ist, d a d u r c h    g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass
  - das Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) zwischen den Drosseln (4, 40, 41) und dem jeweiligen Leitungsende (32, 33) der Datenbusleitungen (3) angeordnet ist und
  - das Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) das Leitungsende (32, 33) der Datenbusleitungen (3) mit der Masse verbindet, wobei
  - das Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) über einen Kondensator (53, 54) an der Masse angekoppelt ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) mit Ausgleichswiderständen (51, 52) an den jeweiligen Leitungsenden (32, 33) ausgebildet ist, wobei die Ausgleichswiderstände über einem gemeinsamen Fußpunktkondensator (53) mit der Masse verbunden sind.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Wert der Ausgleichswiderstände (51, 52) die Fehlanpassung des Quellwiderstands der Sende-/Empfangseinheit (1) zum Wellenwiderstand der Datenbusleitungen (3) in Gegentakt-Spannung ausgleicht.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 bis 3,  
d a d u r c h   g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Datenbusleitungen (3) als erdsymmetrische Verbindungsleitungen ausgebildet sind.

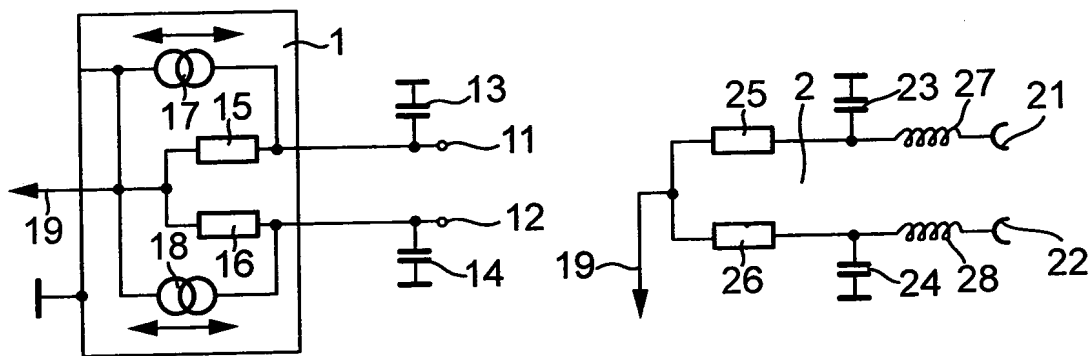


Fig. 1

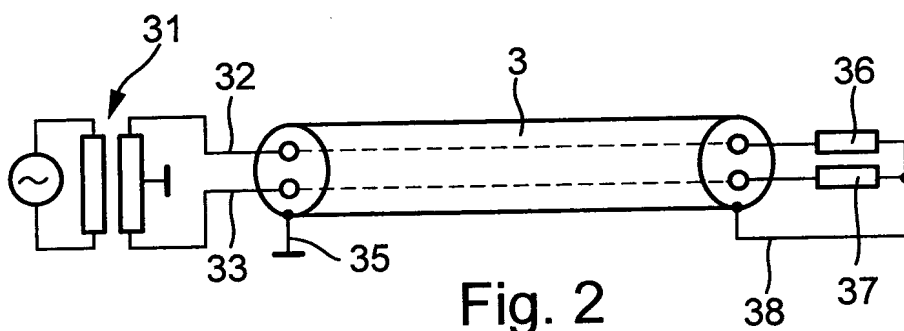


Fig. 2

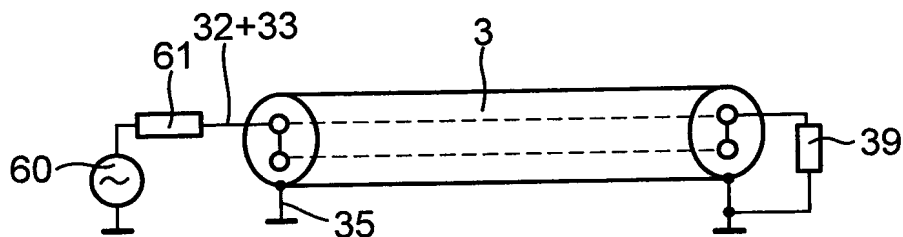


Fig. 3

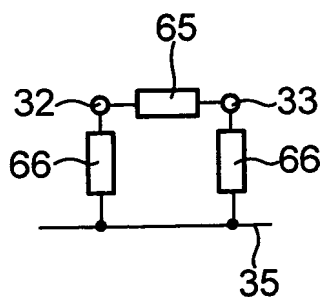
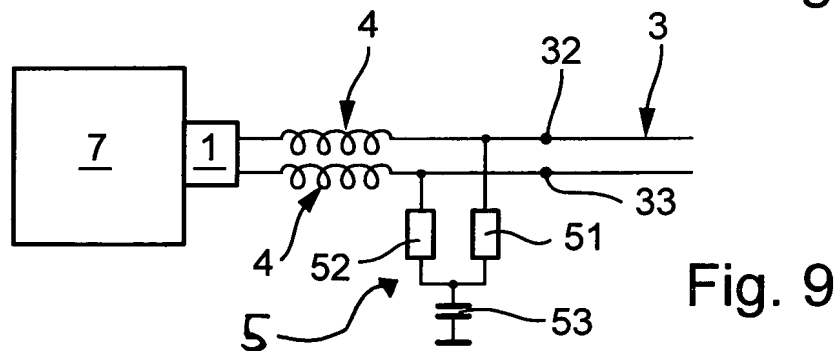
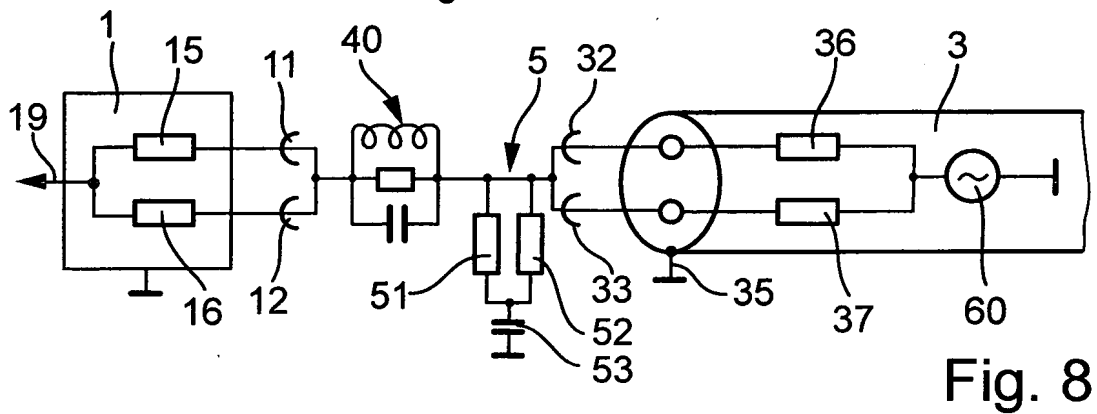
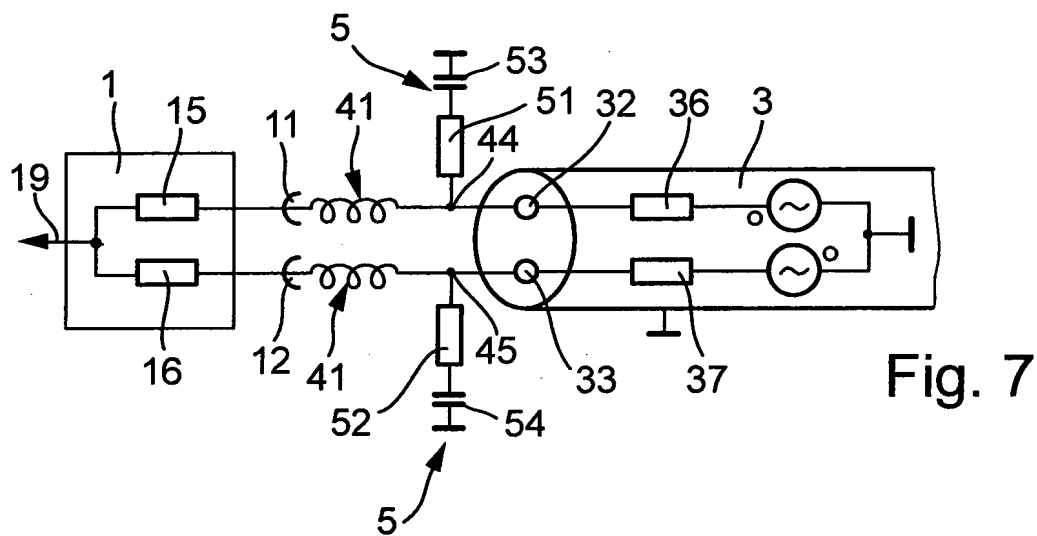
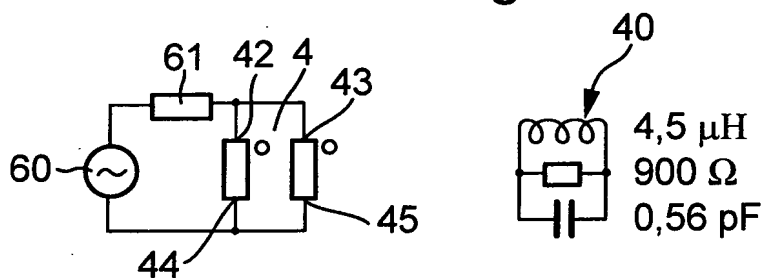
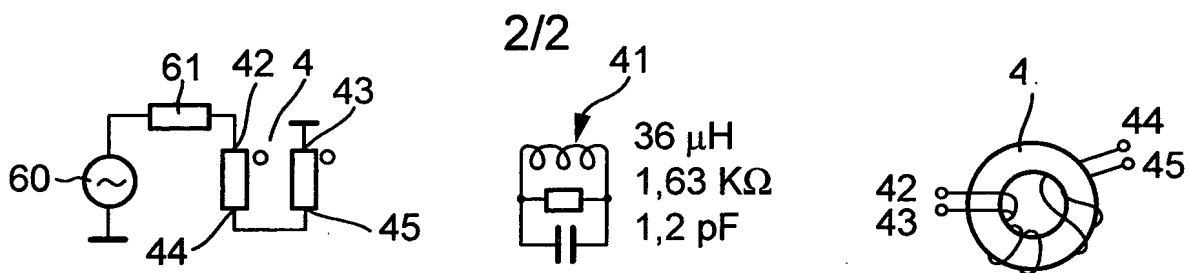


Fig. 4



26.07.2002

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Wellenwiderstandsanpassung an Leitungsenden (32, 33) eines Datenbusses in Verkehrsmitteln, wobei die Schaltungsanordnung einen Datenbus mit mindestens zwei Datenbusleitungen (3) und Datenendgeräte (7) mit jeweils einer Sende-/Empfangseinheit (1) zur Gegentaktsignalübertragung auf dem Datenbus aufweist und der Datenbus an einer Kopplungsschnittstelle an die Sende-/Empfangseinheit (1) angekoppelt ist, wobei zwischen der Datenbusleitung (3) und der zugehörigen Sende-/Empfangseinheit (1) jeweils eine Drossel (4) zur Filterung von Störungen auf dem Datenbus geschaltet ist und ein Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) zur Wellenwiderstandsanpassung einer Datenbusleitung vorgesehen ist. Es ist die Aufgabe der Erfindung eine Schaltungsanordnung zu finden, welche eine Wellenwiderstandsanpassung an den Kabelenden zur Unterdrückung abgestrahlter und eingekoppelter Gleichtakt-Störspannungen optimiert. Zur Lösung ist das Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) zwischen den Drosseln (4) und dem jeweiligen Leitungsende (32, 33) der Datenbusleitungen (3) angeordnet. Das Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) verbindet das Leitungsende (32, 33) der Datenbusleitungen (3) mit der Masse, wobei das Anpassungswiderstandsnetzwerk (5) über einen Kondensator (53, 54) an der Masse angekoppelt ist.

25

Figur 9

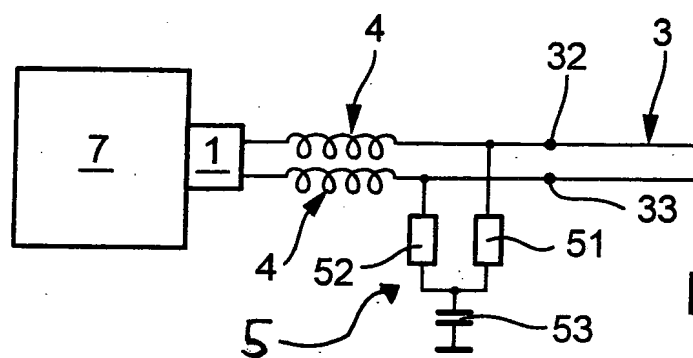


Fig. 9